

補助事業番号 2018M-183

補助事業名 平成30年度 空間・時間的レーザー多点点火技術を用いたエンジン燃焼制御技術に関する研究補助事業

補助事業者名 大阪大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 燃焼工学研究室

## 1 研究の概要

エンジンの高効率化に向けた点火技術として点火力の強いレーザー一点火技術は、従来のスパークプラグでは実現できない点火条件(燃焼壁から離れた位置での点火、多点点火など)でのエンジン点火・燃焼を可能とし、熱損失を比較的削減し、超希薄燃焼させることが期待されている。本研究では、天然ガスを燃料とした発電用ガスエンジンを対象として、急速圧縮膨張装置を用いてメタン/空気の予混合気へスパークプラグ、およびレーザー多点点火(最大4点)を行い、燃焼室内における筒内圧力および火炎伝播の様子を測定し、空間的、ならびに時間的なレーザー多点点火の有効性を実証した。

## 2 研究の目的と背景

地球温暖化を防止するため、CO<sub>2</sub>削減に貢献する技術開発は大変重要である。エネルギー分野では、内閣府の「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)」などにおいて、水素やアンモニアを燃料とした利用技術の開発など、CO<sub>2</sub>フリーを目指した技術開発が進められているが、インフラ整備や安全性を確保する技術確立などの課題により、これらの代替燃料へ転換されるには、しばらく時間がかかると予想される。そのため、現行のCO<sub>2</sub>を排出する燃料を用いた技術においても、さらにCO<sub>2</sub>を削減する技術を開発することが求められている。国内では、大規模な停電をさけるため、比較的中小規模な発電所が分散して多数存在する分散型発電が注目されている。中小規模な発電所においては、発電効率の高いガスエンジンなどが普及し始めており、さらにCO<sub>2</sub>を削減するガスエンジンを普及することにより、地球温暖化を防止することを目指している。今後、ガスエンジンの高出力化に伴い筒内圧力が高くなると、従来の点火プラグによる点火が困難となるが、レーザー一点火はこのようなエンジンでも安定的な点火が可能である。

エンジンにおける熱効率の向上技術の一つである多点点火技術は、従来の研究により有効性が実証されているが、従来のスパークプラグを用いているため、点火位置は熱損失の大きいシリンダ壁近傍に限られていた。レーザー一点火技術では、熱損失の削減が期待できるエンジンの中心部などシリンダ壁より離れた位置で、燃料濃度の薄い予混合気へ点火が可能である。本研究では、レーザー一点火による空間・時間的多点点火について、エンジンでの熱効率と点火条件(多点点火の点火位置・タイミングなど)の関係性を明らかにすることを目的として実施した。

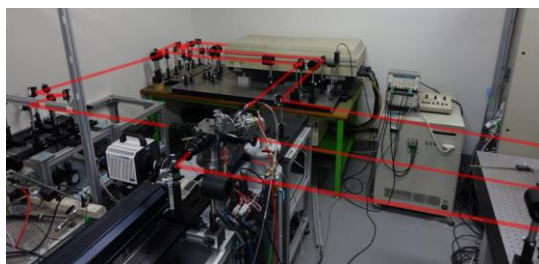
## 3 研究内容

(1)空間・時間的レーザー多点点火技術を用いたエンジン燃焼制御技術に関する研究

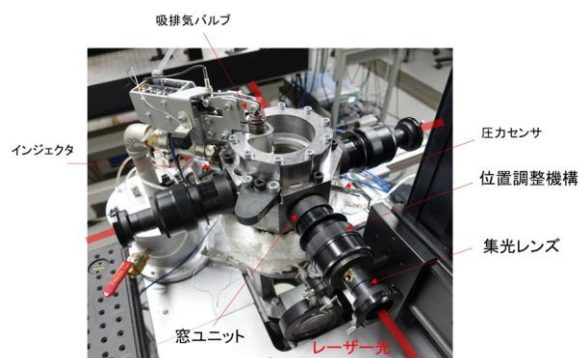
[http://www-combu.mech.eng.osaka-u.ac.jp/?page\\_id=43](http://www-combu.mech.eng.osaka-u.ac.jp/?page_id=43)

本研究では、RCEMを用いてメタン/空気の予混合気へレーザー多点点火を行い、燃焼室内における筒内圧力および火炎伝播の様子を測定し、空間・時間的の多点点火が有効であることを評価した。本研究で得られた知見を以下に示す。

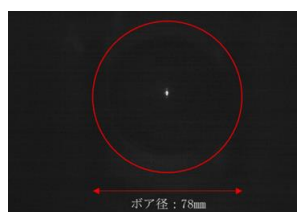
- (1) スパークプラグ1点点火に比べて、レーザー1点点火(パルスエネルギーが2倍程度大きい条件)の方が着火遅れは短く、比較的急速に圧力上昇し、得られる熱発生率の最大値、ならびに熱効率は高い。
- (2) 空間的なレーザー同時刻多点点火にすることで、レーザー1点点火に比べて急速に圧力上昇し、得られる熱発生率は向上する。
- (3) 空間的なレーザー同時刻多点点火では、比較的急速に圧力上昇することから、点火タイミングを遅角側へ最適化することで、熱効率は向上する。
- (4) 時間的な多時刻多点点火において、1点だけでも最適な点火タイミングにすることで、熱発生率、および熱効率は向上する。
- (5) これらの結果より、最適な点火タイミングで点火したスパークプラグ1点点火に比べて、レーザー4点点火では、熱効率が1.5%程度向上することが分かった。



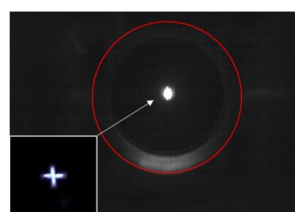
レーザー多点点火導光系



レーザー多点点火式 急速圧縮膨張装置



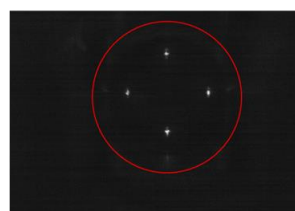
中央1点点火



中央4点点火

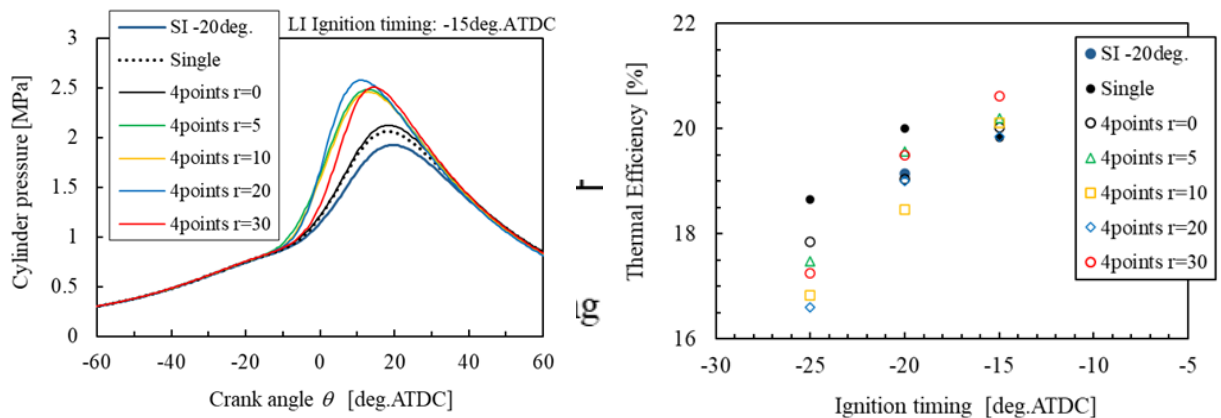


中央から5mm離れた4点点火



中央から20mm離れた4点点火

レーザー多点点火におけるプラズマ発光位置



燃焼圧力履歴

熱効率

(スパークプラグ(SI)・レーザー4点点火(LI))

#### 4 本研究が実社会にどう活かされるかー展望

点火力の強いレーザー一点火技術が社会実装化されることにより、従来のスパークプラグでは実現できない点火条件(燃焼壁から離れた位置での点火、多点点火など)でのエンジン燃焼を可能とし、熱損失を比較的減減し、超希薄燃焼による高効率化を実現することにより、低炭素化社会の実現へ資すると考える。本研究では天然ガス(メタンガス)を対象としたが、さらに水素エンジンへの点火にも有効であり、水素社会の実現へ資すると考える。

#### 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまでレーザー一点火の基礎的な研究(最小点火エネルギー、希薄限界など)を実施してきたが、実際にエンジンへ適用する場合の燃焼制御に着目し、エンジンを模擬した急速圧縮膨張装置(RCEM: Rapid compression and expansion machine)を用いてレーザー一点火の有効性を検証した。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

(1)自動車技術会関西支部学生自動車研究会(2019年2月16日)

(往復式急速圧縮膨張装置におけるレーザー一点火による点火位置が熱効率へ与える影響)

(2)第57回燃焼シンポジウム(2019年11月20日) E125

(RCEMを用いた空間的レーザー多点点火による点火・燃焼特性)

7 補助事業に係る成果物

(1)補助事業により作成したもの

上記 学会発表 予稿集

(2)(1)以外で当事業において作成したもの

該当事項なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 大阪大学大学院 工学研究科

(オオサカダイガクダイガクイン コウガクケンキュウカ)

住 所: 〒565-0871

大阪府吹田市山田丘2-1

担 当 者: 特任研究員 森本 巖 (モリモト イワオ)

担 当 部 署: 機械工学専攻 燃烧工学研究室

(キカコウガクケンキュウカ ネンショウコウガクケンキュウシツ)

E - m a i l: [morimoto\\_i@combu.mech.eng.osaka-u.ac.jp](mailto:morimoto_i@combu.mech.eng.osaka-u.ac.jp)

U R L: <http://www-combu.mech.eng.osaka-u.ac.jp/>